

LITOESTRATIGRAFIA, BIOESTRATIGRAFIA Y CORRELACIONES DE LAS SUCESIONES SEDIMENTARIAS DEL NEOPROTEROZOICO-CAMBRICO DEL CRATON DEL RIO DE LA PLATA (URUGUAY Y ARGENTINA)

Claudio GAUCHER ¹, Daniel G. POIRE ², Lucía GOMEZ PERAL ² y Leticia CHIGLINO ¹

¹Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Iguá 4225, 11400 Montevideo, Uruguay.

E-mail: gaucher@chasque.apc.org

²Centro de Investigaciones Geológicas, CONICET-UNLP, calle 1 n° 644, 1900 La Plata, Argentina.

E-mail: poire@cig.museo.unlp.edu.ar / lperal@cig.museo.unlp.edu.ar

Resumen: Se compara la lito- bio- y quimioestratigrafía de sucesiones sedimentarias del Neoproterozoico del Cratón del Río de la Plata, a saber: Grupo Arroyo del Soldado (GAS), Uruguay y Grupo Sierras Bayas – Formación Cerro Negro (GSB-FmCN) de Tandilia (Argentina). Ambas sucesiones se caracterizan por la intercalación de unidades carbonáticas y siliciclásticas, así como por un ambiente geotectónico correspondiente a un margen continental pasivo. Las formaciones Yerbal, Polanco y Cerro Espuelitas inferior se correlacionan litoestratigráficamente con las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro de Tandilia. Las formaciones siliciclásticas Yerbal y Cerro Largo representan la ingresión del mar Vendiano (Ediacareense) sobre el Cratón del Río de La Plata. Las sobreyacentes formaciones Polanco y Loma Negra se caracterizan por importantes depósitos carbonáticos, culminando con una expresiva superficie kárstica indicando regresión y exposición subaérea de la plataforma. La parte inferior de la Formación Cerro Espuelitas y la Formación Cerro Negro se caracterizan por depósitos margosos en la base, pasando a pelitas y facies heterolíticas hacia el tope. Se comunica el hallazgo de *Cloudina* cf. *C. riemkeae* de calizas micríticas de la Formación Loma Negra, apoyando la correlación de esta unidad con la parte inferior de la Formación Polanco y la asignación de ambas unidades al Ediacareense superior. Una microflora de acritarcas de baja diversidad ocurre en el GAS y en el GSB-FmCN. En el GAS se distinguen dos asociaciones de microfósiles de pared orgánica: una dominada por *Bavlinella faveolata* y *Soldadophycus* que ocurre en las formaciones siliciclásticas, y una de diversidad algo mayor denominada de *Leiosphaeridia-Lophosphaeridium*, característica de la Formación Polanco. En el GSB-FmCN la asociación está dominada por esferomorfos, principalmente *Leiosphaeridia*, siendo comparable a la asociación de *Leiosphaeridia-Lophosphaeridium* del GAS. Se reportan por primera vez para la Formación Villa Mónica las siguientes especies de acritarcas: *Leiosphaeridia minutissima*, *Leiosphaeridia tenuissima* y *Synsphaeridium* sp. Trátase de los fósiles más antiguos que se conocen en territorio de Argentina. En la Formación Cerro Largo superior aparece *Leiosphaeridia tenuissima* como elemento dominante y una sola vesícula de *Leiosphaeridia minutissima*, sumándose a previas descripciones de acritarcas de esta unidad. En la Formación Cerro Negro pudieron aislarse acritarcas asignables a *Leiosphaeridia tenuissima*. Se verifica una disminución del diámetro máximo de las acritarcas hacia el tope: de 450 μm para la Formación Villa Mónica a 380 μm para la Formación Cerro Largo y finalmente 200 μm para la Formación Cerro Negro. La asociación de acritarcas del GSB-FmCN puede correlacionarse con la Palinoflora de Leiosferas Simples o con la asociación Kotlin-Rovno del Ediacareense. La asociación de acritarcas del GAS inferior y medio ha sido asignada a la asociación Kotlin-Rovno y por tanto apoya una correlación entre las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro con la mitad inferior del GAS. Los datos quimioestratigráficos disponibles apoyan esta correlación, verificándose valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.7069 y 0.7087 y variaciones seculares de $\delta^{13}\text{C}$ para los carbonatos entre -3.5 y +5.8 ‰ PDB. Respecto a la Formación Villa Mónica, los datos disponibles

son ambiguos en cuanto a su edad y posibles correlaciones. Mientras la asociación de estromatolitos que ocurre en esa unidad sugiere una edad Neoproterozoico temprano, la similitud de la microflora allí preservada con la de las unidades suprayacentes sugiere que no existe un hiato temporal muy importante entre las mismas. Desde el punto de vista paleogeográfico, las correlaciones arriba planteadas implican el desarrollo de una extensa plataforma en el Ediacareense tardío y en condiciones tropicales, que abarcaba una gran parte del Cratón del Río de la Plata e incluía posiblemente al Grupo Corumbá en Mato Grosso, Brasil.

Palabras clave: Neoproterozoico, Vendiano, Ediacareense, acritarcas, Argentina, Uruguay.

Keywords: Neoproterozoic, Vendian, Ediacaran, acritarchs, Argentina, Uruguay.

EXTENDED ABSTRACT

Lithostratigraphy, biostratigraphy and correlations of the sedimentary successions of the Neoproterozoic-Cambrian of the Rio de la Plata Craton (Uruguay and Argentina)

We compare the litho-, bio- and chemostratigraphy of Neoproterozoic sedimentary successions of the Río de la Plata Craton, namely the Arroyo del Soldado Group (ASG) of Uruguay and the Sierras Bayas Group –Cerro Negro Formation (SBG-CNFm) of Tandilia (Argentina). Both successions are characterized by alternation of carbonates and siliciclastics (Poiré, 1987; Gaucher, 2000), as well as a geotectonic setting corresponding to a passive continental margin. The Yermal, Polanco and Cerro Espuelitas Formations (ASG) are correlated lithostratigraphically to the Cerro Largo, Loma Negra and Cerro Negro Formations of Tandilia. Whereas the ASG is up to 5 km thick, the SBG-CNFm represents a strongly condensed section showing numerous erosive surfaces and only 350 m in thickness. This difference may be explained by the shallower, epicontinental sedimentary environment of the SBG-CNFm. The predominantly siliciclastic Yermal and Cerro Largo Formations represent the transgression of the Vendian (Ediacaran) sea onto the Río de la Plata Craton. The overlying Polanco and Loma Negra Formations are characterized by thick and pure carbonate (especially limestone) deposits currently mined in both countries for use in the cement, lime and fertilizer industries. An expressive palaeokarst is developed on top of these carbonates, indicating sea-level drop and platform exposure (Barrio *et al.*, 1991; Gaucher *et al.*, 2004b). The lower Cerro Espuelitas Formation and the Cerro Negro Formation are made up of marls at the base, passing into shales and heterolithic facies up section.

We report for the first time the occurrence of

Cloudina cf. *C. riemkeae* Germs (1972) in micritic limestones of the Loma Negra Formation. This supports the correlation of this unit with the lower Polanco Formation, where these shelly fossils also occur (Gaucher y Sprechmann, 1999; Gaucher *et al.*, 2003b). Moreover, *Cloudina* is currently regarded as an index fossil of the late Ediacaran (Grant, 1990; Amthor *et al.*, 2003). Low diversity acritarch assemblages occur both in the ASG and SBG-CNFm. In the former, two assemblages were distinguished: a *Bavlinella faveolata-Soldadophycus* assemblage occurring mainly in the siliciclastic units, and a slightly more diverse *Leiosphaeridia-Lophosphaeridium* assemblage characteristic of the Polanco Formation (Gaucher, 2000). In the SBG-CNFm, the acritarch assemblage is sphaeromorph-dominated (mainly *Leiosphaeridia*), and similar to the *Leiosphaeridia-Lophosphaeridium* microflora of the ASG. For the first time we report acritarchs occurring in greenish pelites of the Villa Mónica Formation, assigned here to *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima* and *Synsphaeridium* sp. These represent the oldest fossils so far reported from Argentina. Pothe de Baldis (1983) described *Chuarina olavarriensis*, *Leiosphaeridia* sp. and *Paleorivularia ontarica* from the upper Cerro Largo Formation. The former two taxa can be reassigned to *Chuarina circularis* and *Leiosphaeridia minutissima*, respectively. Palynological macerations of shales of the Cerro Largo Formation carried out in the present study yielded *Leiosphaeridia tenuissima* as dominant species, and a single vesicle assigned to *Leiosphaeridia minutissima*. A detailed micropalaeontological study is due to Cingolani *et al.* (1991), which describe the following acritarch species from the Cerro Negro Formation: *Leiosphaeridia* sp., *Trachysphaeridium* sp., *Synsphaeridium* sp. and granular sphaeromorphs grouped by the authors under «type A» acritarchs. The application of the currently accepted taxonomic criteria to these acritarchs allows assigning

them to *Leiosphaeridia jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *Lophosphaeridium* sp. and *Synsphaeridium* sp. In the present study, acritarchs assigned to *Leiosphaeridia tenuissima* were isolated from shales of the Cerro Negro Formation. Throughout the SBG-CNFm, a tendency towards smaller sphaeromorphs from base to top is observed: from 450 μm for Villa Mónica Formation to 380 μm for the Cerro Largo Formation and finally 200 μm for the Cerro Negro Formation. This trend has been reported for other shallow-water, marine Ediacaran successions elsewhere (Butterfield, 1997). On the basis of low diversity and dominance of sphaeromorphs, the acritarch assemblage of the SBG-CNFm can be assigned either to the Simple Leiosphere Palynoflora of Grey *et al.* (2003) or the younger Kotlin-Rovno assemblage of Vidal y Moczydlowska (1997). The palynoflora occurring in the lower and middle ASG has been correlated to the Kotlin-Rovno assemblage (Gaucher, 2000), supporting the lithostratigraphic correlation depicted above. Available chemostratigraphic data for the ASG and SBG-CNFm also suggest that the Loma Negra Formation correlates with the Polanco Formation. Whereas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values for limestones of the Loma Negra Formation range between 0.7069 and 0.7087 (Kawashita *et al.*, 1999b), limestones of the Polanco Formation yielded ratios between 0.7072 and 0.7085 (Kawashita *et al.*, 1999a; Gaucher *et al.*, 2004c). The Loma Negra Formation is further characterized by $\delta^{13}\text{C}$ values around +4 ‰ PDB (Gómez Peral *et al.*, in press), which are similar to $\delta^{13}\text{C}$ relationships between +5.5 and 0 ‰ PDB reported for the lower Polanco Formation (Unit A of Gaucher *et al.*, 2004b). Regarding the Villa Mónica Formation, available data are ambiguous regarding its age assignment and correlatives. On the one hand, stromatolite assemblages described from the unit (Poiré, 1987, 1993) suggest an upper Riphean age (Tonian or Cryogenian). On the other hand, the similarity of acritarch assemblages preserved throughout the SBG-CNFm suggests that there is not a large time hiatus between the Villa Mónica and Cerro Largo Formations, raising the possibility of the Villa Mónica Formation being of Ediacaran age. The correlations here suggested imply that an extensive marine shelf developed on a large area of the Río de la Plata Craton in the late Ediacaran, possibly under tropical climate. According to Gaucher *et al.* (2003b), this shelf also included the Corumbá Group (Mato Grosso, Brazil), being thus at least 2500 km long.

INTRODUCCION

El Grupo Arroyo del Soldado (GAS) fue definido

por Gaucher *et al.* (1996) para incluir una espesa secuencia sedimentaria que ocurre como cobertura del Terreno Nico Pérez (Bossi y Campal, 1992), Uruguay (Figs. 1 y 2). Los afloramientos del GAS están limitados hacia el E por la Zona de Cizalla de Sierra Ballena (Fig. 2), la cual constituye el límite oriental del Terreno Nico Pérez y por tanto del Cratón del Río de La Plata (Gaucher *et al.*, 1998; Bossi y Gaucher, 2004). El Grupo se caracteriza por contener una asociación de palinomorfs (acritarcas), invertebrados con esqueleto, estromatolitos e icnofósiles bien preservados (Gaucher *et al.*, 1996, 1998, 2003b, 2004a; Gaucher y Sprechmann, 1999; Gaucher, 2000), que constituyen uno de los más importantes registros conocidos de los ecosistemas del fin del Proterozoico (Fig. 3).

Por su parte hacia la zona occidental del Cratón del Río de La Plata, en el Sistema de Tandilia, aflora una sucesión sedimentaria neoproterozoica conformada por el Grupo Sierras Bayas (Dalla Salda e Iñiguez, 1979; Poiré, 1993) y la Formación Cerro Negro (Iñiguez y Zalba, 1974). Microfósiles de pared orgánica y estromatolitos son conocidos de las sedimentitas neoproterozoicas desde los trabajos de Fairchild (1978), Pothe de Baldis *et al.* (1983), Poiré (1987) y Cingolani *et al.* (1991), como así también invertebrados con esqueleto



Figura 1. Mapa regional de las áreas de afloramiento del Grupo Arroyo del Soldado y Grupo Sierras Bayas/Formación Cerro Negro. ICR: Isla Cristalina de Rivera; ZCSYP: Zona de Cizalla Sarandí del Yí-Piriápolis; ZCSB: Zona de Cizalla Sierra Ballena.

Figure 1. Regional map of the outcrop areas of the Arroyo del Soldado Group and Sierras Bayas Group/ Cerro Negro Formation. ICR: Isla Cristalina de Rivera; ZCSYP: Sarandí del Yí-Piriápolis Shear Zone; ZCSB: Sierra Ballena Shear Zone.

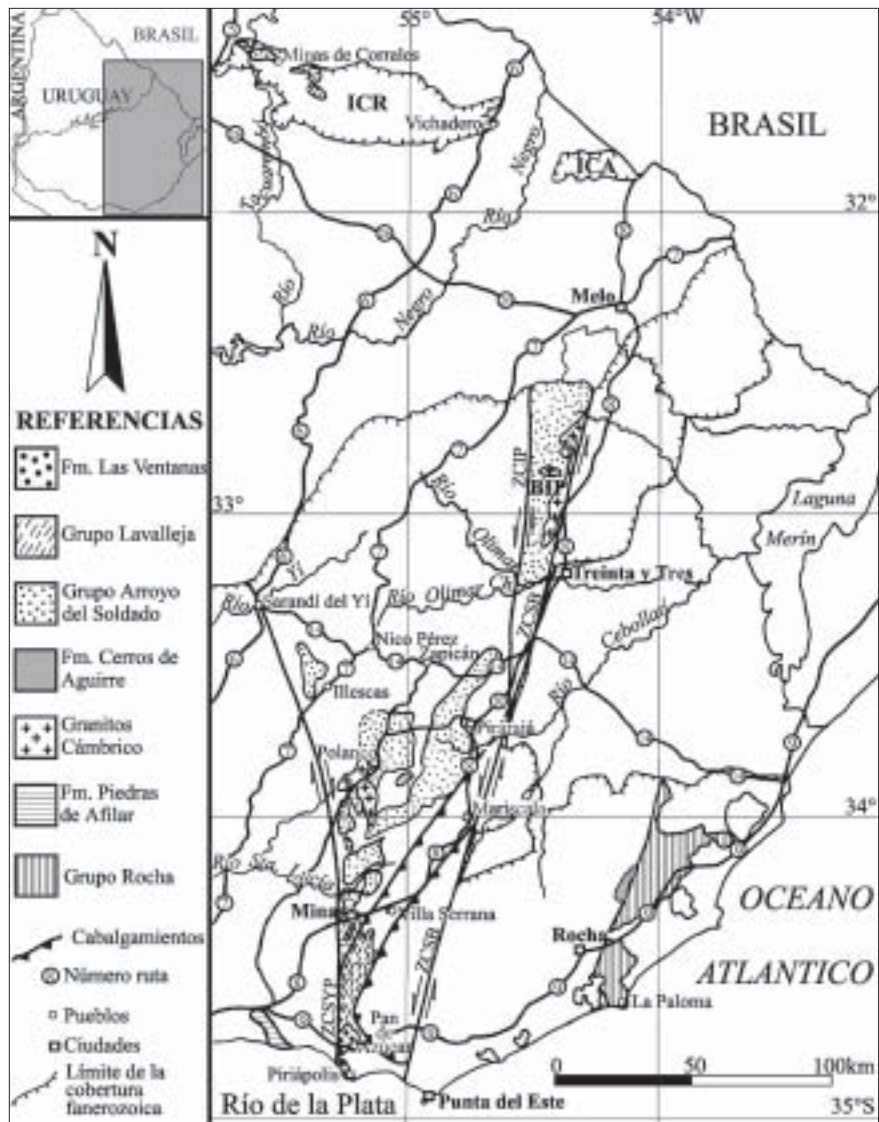


Figura 2. Área de afloramiento del Grupo Arroyo del Soldado (GAS) y otras unidades del Neoproterozoico y Cámbrico de Uruguay (modificado de Gaucher, 2000). ICR: Isla Cristalina de Rivera; ICA: Isla Cristalina de Aceguá; BIP: Bloque Isla Patrulla; ZCSYP: Zona de Cizalla Sarandí del Yí-Piríapolis; ZCSB: Zona de Cizalla Sierra Ballena; ZCIP: Zona de Cizalla de Isla Patrulla. Nótese la cercanía de los afloramientos de la Formación Cerros de Aguirre al GAS.

Figure 2. Outcrop area of the Arroyo del Soldado Group (ASG) and other Neoproterozoic and Cambrian units in Uruguay (modified after Gaucher, 2000). ICR: Isla Cristalina de Rivera; ICA: Isla Cristalina de Aceguá; BIP: Isla Patrulla Block; ZCSYP: Sarandí del Yí-Piríapolis Shear Zone; ZCSB: Sierra Ballena Shear Zone; ZCIP: Isla Patrulla Shear Zone.

que se dan a conocer en este trabajo. El basamento de Tandilia, conformado por el Complejo Buenos Aires (Transamazónico) pertenece al Cratón del Río de la Plata, correlacionándose posiblemente con el Terreno Piedra Alta de Uruguay (Cingolani y Dalla Salda, 2000; Bossi *et al.*, 1998).

El objetivo de esta contribución es el de relacionar la litología, facies, estructuras sedimentarias orgánicas y contenido paleontológico, a fin de establecer una correlación regional entre Uruguay y Argentina en el área

del Cratón del Río de La Plata.

GRUPO ARROYO DEL SOLDADO

Litoestratigrafía

El GAS está compuesto, de base a tope, por las siguientes formaciones (Gaucher, 2000; Fig. 3):

Formación Yerbal: secuencia siliciclástica grano y

estratodecreciente con más de 1500 m de potencia. Predominan areniscas en la base, que pasan a intercalaciones de pelitas y areniscas en la parte media y pelitas en el tercio superior de la unidad. En el tope se intercalan BIF (formaciones de hierro bandeado) de facies óxido en la región de Minas (Gaucher *et al.*, 2004b).

Formación Polanco: se compone de hasta 900 m de carbonatos puros (ritmitos calcarenita/dolosilito, tempestitas calcáreas y dolomías), apoyándose de manera concordante sobre la Formación Yermal. Las litologías integrantes se caracterizan por poseer abundante materia orgánica, que les da un color gris azulado a negro. Se verifica una disminución de la palaeobatimetría hacia el techo de la unidad, debido a una importante regresión marina.

Formación Barriga Negra: en las zonas occidentales (más someras) de la cuenca se registra emersión de los depósitos terminales de la Formación Polanco. Su retrabajamiento da lugar a la depositación de brechas carbonáticas y conglomerados. Hacia la cima, se verifican condiciones netamente continentales y retrabajamiento del basamento pre-Vendiano. En el tope de la Formación Barriga Negra retornan condiciones marinas, como se evidencia por la presencia de glauconita y acritarcas asignadas a *Bavlinella faveolata* (Gaucher, 2000).

Formación Cerro Espuelitas: sobreyace concordantemente a la Formación Polanco o, en las zonas más someras, a la Formación Barriga Negra. Está integrada por pelitas oscuras en la base y en el tope y depósitos quimiogénicos (BIF y chert) en su parte media. El espesor total supera los 1200 m, correspondiendo unos 600 m a BIF y chert.

Formación Cerros San Francisco: se apoya con discordancia erosiva menor sobre la unidad anterior o el basamento, y está integrada por areniscas cuarzosas a subarcóscicas de ambiente marino somero. Su potencia alcanza los 350 m y transiciona al tope a la Formación Cerro Victoria.

Formación Cerro Victoria: se compone de hasta 400 m de dolomías estromatolíticas, dolarenitas, dolarenitas oolíticas y brechas dolomíticas intraformacionales. Presenta icnofósiles asignados por Sprechmann *et al.* (2004) a *Thalassinoides*, lo que indica una edad Cámbrica para la unidad.

Edad

Existen numerosos argumentos que apoyan una edad Vendiano a Cámbrico Inferior para el GAS, los cuales pueden dividirse en: radiocronológicos, bioestratigráficos y quimioestratigráficos.

Radiocronología. El Batolito de Puntas de Santa Lucía, que es recubierto con discordancia erosiva por el GAS, provee una edad máxima U/Pb SHRIMP de 633 ± 12 Ma para el comienzo de la sedimentación (Hartmann *et al.*, 2002). Varios cuerpos graníticos intruyen al GAS causando metamorfismo de contacto (Minas, Polanco, Guazunambí), de los cuales el Granito de Guazunambí ha dado una isócrona Rb/Sr de 532 ± 11 Ma ($R_o=0.70624$; Kawashita *et al.*, 1999a). Las sienitas de la Formación Sierra de Animas, también intrusivas en la secuencias, han arrojado edades Rb-Sr de 520 ± 5 Ma (Bossi *et al.*, 1993). Edades de recristalización K-Ar en illitas entre 532 ± 16 y 492 ± 14 Ma fueron reportadas para pelitas del GAS (Cingolani *et al.*, 1990; Gaucher, 2000). Según estos datos, la depositación del GAS tuvo lugar entre 633 y 532 Ma.

Bioestratigrafía. El GAS contiene una gran variedad de fósiles, entre los que se cuentan microfósiles de pared orgánica (Gaucher *et al.*, 1996, 1998, 2004b; Gaucher, 2000), fósiles con esqueleto (Gaucher y Sprechmann, 1999; Gaucher, 2000; Gaucher *et al.*, 2003b), estromatolitos e icnofósiles (Montaña y Sprechmann, 1993; Sprechmann *et al.*, 2004; Fig. 3). Todas las evidencias coinciden en una edad Vendiano Superior para el GAS, excepto la Formación Cerro Victoria que sería de edad Cámbrico Inferior. Los fósiles claves desde el punto de vista bioestratigráfico son (Fig. 3):

a) una asociación de palinomorfos de baja diversidad dominada por *Bavlinella faveolata* y *Soldadophycus* que ocurre en las formaciones Yermal, Cerro Espuelitas y Barriga Negra (Gaucher, 2000), y una de diversidad algo mayor denominada de *Leiosphaeridia-Lophosphaeridium* característica de la Formación Polanco (Fig. 3). Asociaciones similares se conocen de unidades del Vendiano de Sudamérica (Teixeira y Gaucher, 2004; Gaucher *et al.*, 2003b) Sudáfrica y Namibia (Germs *et al.*, 1986; Gaucher y Germs, 2003; Gaucher *et al.*, 2005). Representan el plancton característico del Vendiano superior (Ediacarense) a nivel mundial (Vidal y Moczydlowska, 1997; Knoll, 2000; Grey *et al.*, 2003).

b) *Cloudina riemkeae* Germs (1972), fósil guía del

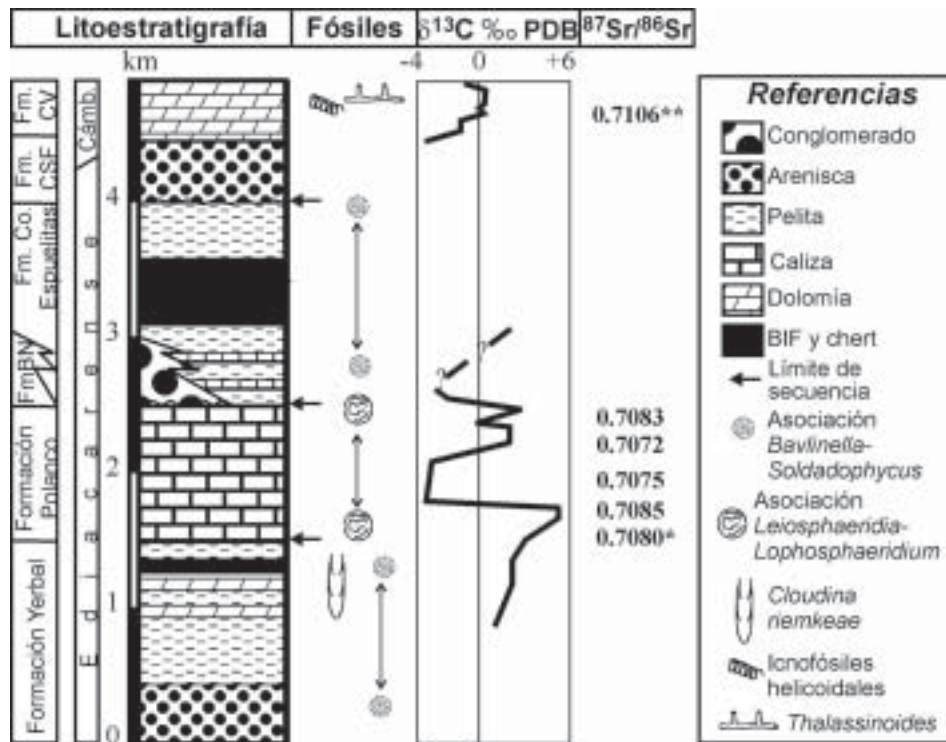


Figura 3. Esquema lito-, bio- y quimioestratigráfico del Grupo Arroyo del Soldado. FmBN: Formación Barriga Negra; FmCSF: Formación Cerros San Francisco; FmCV: Formación Cerro Victoria. Fuentes: Lito- y bioestratigrafía: Gaucher (2000), Gaucher y Sprechmann (1999), este trabajo. Isótopos de carbono: Gaucher et al. (2003a,b, 2004b). Isótopos de estroncio (solamente los valores menos alterados): Kawashita et al. (1999, asterisco), Gaucher et al. (2004c), Gaucher et al. (en prensa, asterisco doble).

Figure 3. Litho-, bio- and chemostratigraphic scheme for the Arroyo del Soldado Group. FmBN: Barriga Negra Formation; FmCSF: Cerros San Francisco Formation; FmCV: Cerro Victoria Formation. Sources: litho- and biostratigraphy: Gaucher (2000), Gaucher and Sprechmann (1999), this work. Carbon isotopic data: Gaucher et al. (2003a, b, 2004b). Strontium isotopic data (least altered values only): Kawashita et al. (1999, asterisk), Gaucher et al. (2004c), Gaucher et al. (en prensa, double asterisk).

Vendiano Superior (Grant, 1990; Amthor *et al.*, 2003; Gaucher *et al.*, 2003b) ocurre en el tope de la Formación Yermal y base de la Formación Polanco (Fig. 3), conjuntamente con *Titanothera coimbrae* (Gaucher y Sprechmann, 1999) un foraminífero que hasta ahora solo se ha encontrado en series del Vendiano de Sudamérica (Teixeira y Gaucher, 2004; Gaucher *et al.*, 2003b). Por primera vez se cita aquí la ocurrencia de *Cloudina* en la parte inferior de la unidad B de la Formación Polanco en el Sinclinal de Calera de Recalde (Gaucher *et al.*, 2004b).

c) Icnofósiles del género *Thalassinoides* aparecen en dolomías de la Formación Cerro Victoria (Fig. 3), indicando una edad Cámbrica para esta unidad (Sprechmann *et al.*, 2004).

Quimioestratigrafía. Determinaciones de la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en carbonatos de la Formación Polanco inferior arrojaron valores entre 0.7082 y 0.7078 (Kawashita *et al.*, 1999a). Un estudio más completo de la composición

isotópica de Sr en la Formación Polanco revela que las razones isotópicas varían entre 0.7073 y 0.7085 (Gaucher *et al.*, 2004c; Fig. 3). Estos valores indiscutiblemente se corresponden con el intervalo 580-555 Ma de la curva global ponderada de Melezhik *et al.* (2001). Curvas de $\delta^{13}\text{C}$ para el GAS han sido reportadas por Boggiani (1998), Gaucher (2000) y Gaucher *et al.* (2003 a, b, 2004b), mostrando una serie de excursiones positivas y negativas (Fig. 3) típicas del período 580-530 Ma. Basado en los datos quimioestratigráficos se puede afirmar que la sedimentación comenzó en el entorno de 580 Ma y culminó en el Cámbrico Inferior (Nemakit-Daldyn) hace unos 530 Ma. El límite Precámbrico-Cámbrico se ubica en la transición entre las formaciones Cerros San Francisco y Cerro Victoria (Gaucher *et al.*, 2003 a).

Ambiente geotectónico

El GAS representa una típica secuencia de plata-

forma, depositada sobre un margen continental pasivo. Esto lo evidencia a) la notable persistencia lateral de facies, b) la ocurrencia de potentes depósitos carbonáticos y quimiogénicos (BIF-chert), c) la madurez composicional y textural de las areniscas, y d) la ausencia total de rocas volcánicas y piroclásticas intercaladas (Gaucher, 2000). La existencia de la Formación Cerros de Aguirre (Campal y Schipilov, 2005), una cuenca eminentemente volcánica contemporánea al Grupo Arroyo del Soldado (572 ± 8 Ma U-Pb SHRIMP; Hartmann *et al.*, 2002), a escasos 70 km de distancia (Fig. 2) solo puede explicarse por el carácter alóctono del bloque al E de la falla de Sierra Ballena (Bossi y Gaucher, 2004; Fig. 2). El Grupo Camaquã en Río Grande do Sul, que se integra principalmente por depósitos conglomerádicos y un importante vulcanismo asociado contemporáneo al GAS (Paim *et al.*, 2000), no puede haberse formado sobre el Cratón del Río de la Plata ya que en ese momento imperaban allí condiciones de calma tectónica.

GRUPO SIERRAS BAYAS Y FORMACIÓN CERRO NEGRO

Geología

En el área de Chillar-Olavarría, NW del Sistema de Tandilia, el Grupo Sierras Bayas y la sobreyacente Formación Cerro Negro representan una secuencia puramente sedimentaria, compuesta por unidades limitadas por discordancias erosivas en su base y tope (Poiré, 1987, 1993; Iñiguez *et al.*, 1989; Cingolani y Dalla Salda, 2000; Zalba y Andreis, 2003; Fig. 5). El basamento lo compone el Complejo Buenos Aires, de edad Paleoproterozoico principalmente, registrando un evento tectónico principal de edad transamazónica (Cingolani y Dalla Salda, 2000). De base a tope se reconocen las siguientes unidades (Poiré, 1987, 1993; Cingolani y Dalla Salda, 2000; Zalba y Andreis, 2003; Gómez Peral *et al.*, en prensa; Fig. 5):

Formación Villa Mónica (Poiré, 1987, 1993). Compuesta por areniscas cuarzosas en la base y dolomías estromatolíticas en su parte superior, y con una potencia máxima de unos 50 m.

Formación Cerro Largo (Poiré, 1987, 1993). Incluyendo diamictitas y pelitas en su base pasando a un importante paquete de areniscas cuarzosas con estructuras sedimentarias indicativas de aguas someras. En el tope

predominan las pelitas, representando por tanto toda la unidad una secuencia grano y estratodecreciente con un espesor de hasta 75 m.

Formación Loma Negra (Borrello, 1966). Caracterizada por calizas micríticas (calcsiltitos y calcilutitas) ricas en materia orgánica, que son truncadas por una superficie kárstica bien desarrollada (Barrio *et al.*, 1991), donde se han concentrado fosfatos (Leanza y Hugo, 1987). La potencia de la unidad alcanza 45 m.

Formación Cerro Negro (Iñiguez y Zalba, 1974). Tipificada por sedimentación pelítica y un espesor de hasta 170 m. En la base predominan las margas y en el resto de la unidad pelitas o facies heterolíticas.

La Formación Cerro Negro, por su parte, se encuentra recubierta en discordancia erosiva por las areniscas de la Formación Balcarce, las cuales presentan trazas fósiles de edad Cámbrico u Ordovícico (Poiré *et al.*, 2003). Los fósiles descritos hasta ahora del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro incluyen icnofósiles (Poiré, 1987, 2002), estromatolitos en la Formación Villa Mónica (Poiré, 1987, 1993) y acritarcas en las formaciones Cerro Largo superior (Pothe de Baldi *et al.*, 1983), Cerro Negro (Cingolani *et al.*, 1991) y posiblemente también en la Formación Villa Mónica (Fairchild, 1978). La asociación de estromatolitos de la Formación Villa Mónica destaca por su gran diversidad, que Poiré (1987, 1993, 2002) estima en 17 formas. Teniendo en cuenta esto, y de acuerdo al esquema de Semikhatov (1976), Poiré (1987, 1993, 2002) asigna una edad Neoproterozoico temprano (Toniano superior-Criogeniano inferior) para la Formación Villa Mónica. Esta edad se ve confirmada por dataciones Rb-Sr de pelitas con índices de cristalinidad de illita en el campo diagenético, que arrojaron valores de 793 ± 32 Ma y 805 ± 28 Ma (Bonhomme y Cingolani, 1980). Las edades anteriores corresponden al Criogeniano inferior, y por tanto son claramente más antiguas que el Grupo Arroyo del Soldado.

Micropaleontología

Métodos. Para el estudio de micromesofósiles en carbonatos se confeccionaron láminas delgadas petrográficas, las cuales en parte se tiñeron con rojo de alizarina. Pelitas y carbonatos fueron preparados siguiendo técnicas palinológicas para el aislamiento de microfósiles de pared orgánica. Las muestras fueron tratadas

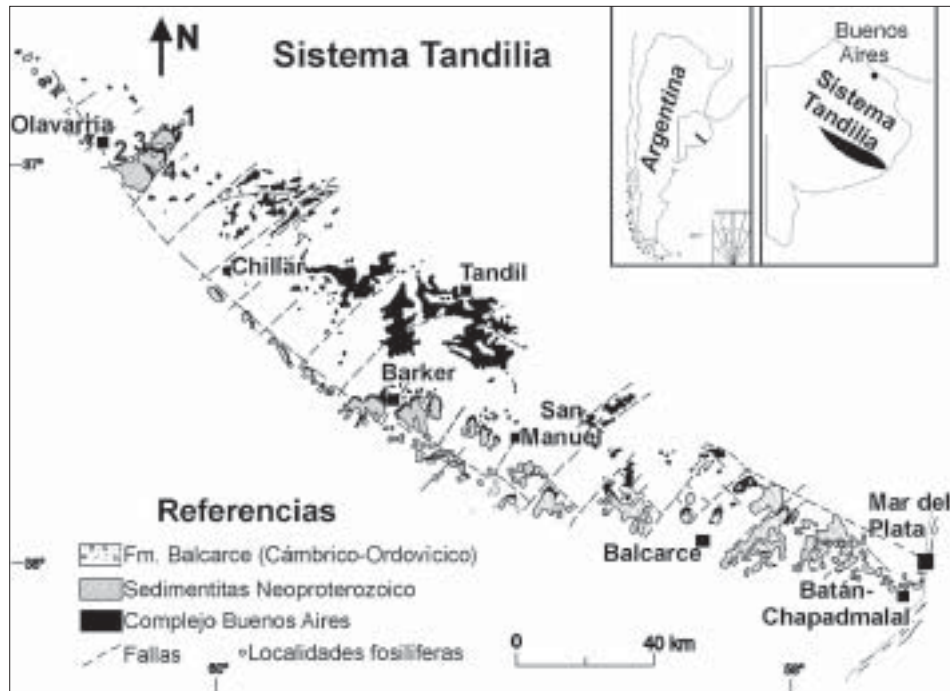


Figura 4. Mapa geológico de Tandilia, mostrando los afloramientos de la sucesión neoproterozoica (Grupo Sierras Bayas/Formación Cerro Negro). Modificado de Poiré *et al.* (2003). 1: Cantera Villa Mónica, 2: Cantera Loma Negra, 3: Cantera El Polvorín, 4: Cantera Cerro Negro.

Figure 4. Geological map of Tandilia, showing outcrops of the Neoproterozoic succession (Sierras Bayas Group/Cerro Negro Formation). Modified from Poiré *et al.* (2003). 1: Villa Mónica Quarry, 2: Loma Negra Quarry, 3: El Polvorín Quarry, 4: Cerro Negro Quarry.

con HCl concentrado hasta el cese de la reacción, neutralizadas y sometidas a ataque ácido con HF al 75% por 24 horas. Luego de neutralizar y tamizar el residuo (tamiz de 5 μm), se eliminaron los fluoruros mediante HCl 35% en caliente. Seguidamente, se separó el residuo con tamiz de 5 μm y se montaron preparados con glicerina-gelatina. Los mismos se estudiaron bajo un microscopio Leica DM LP en luz transmitida y reflejada, y fotografiados con una cámara Leica MPS 30.

Resultados. Se describen aquí por primera vez acritarcas para la Formación Villa Mónica (Figs. 6a-d), preservadas en limolitas verdes que subyacen a las dolomías de dicha unidad en la Cantera Villa Mónica. Trátase de esferomorfos de paredes finas psiladas y diámetros variables, asignables a tres especies diferentes según sus dimensiones: (1) *Leiosphaeridia minutissima* (50-70 μm diámetro, promedio=57 μm , N=2; Fig. 6d), (2) *Leiosphaeridia tenuissima* (100 a 450 μm de diámetro, promedio=162 μm , N=15; Figs. 6a-b) y (3) *Synsphaeridium* sp. (25 a 32 μm diámetro, promedio=27 μm , N=8), caracterizado además por su hábito colonial (Fig. 6c). Llama la atención el gran tamaño de los esferomorfos, así como su débil pared, que determina nume-

rosísimos pliegues debido a la compactación sufrida.

Las primeras menciones de acritarcas en la Formación Cerro Largo se deben a Pothe de Baldi *et al.* (1983), quienes describen *Chuarina olavarriensis*, *Leiosphaeridia* sp. y *Paleorivularia ontarica* del tope de esa unidad (Fig. 5). De acuerdo a la nomenclatura más actualizada, los dos primeros taxa se clasifican como *Chuarina circularis* Walcott y *Leiosphaeridia minutissima* (Naumova) Jankauskas (1989) respectivamente (Steiner, 1996; Butterfield *et al.*, 1994). No queda claro en el caso de *Paleorivularia* si se trata de verdaderos fósiles o framboides de pirita. Finalmente, varias acritarcas coloniales ilustradas por Pothe de Baldi *et al.* (1983) y asignadas a *Leiosphaeridia* sp. son clasificables como *Synsphaeridium* Eisenack. En este trabajo, fue posible aislar microfósiles de pared orgánica de 3 muestras de pelitas del tope de la Formación Cerro Largo, provenientes de las canteras Loma Negra y El Polvorín (Fig. 4). La asociación incluye *Leiosphaeridia tenuissima* (75 a 380 μm diámetro, promedio=180 μm , N=24) como elemento dominante (Figs. 6e-i), una sola vesícula de *Leiosphaeridia minutissima* de 60 μm de diámetro y colonias esféricas de esferoides de 15 μm de diámetro.

Las maceraciones palinológicas realizadas de muestras de calizas negras de la Formación Loma Negra no proporcionaron fósiles. Por otro lado, el examen de numerosas láminas petrográficas de esta unidad mostraron la existencia de fósiles tubulares (Fig. 7) de sección circular, pared calcítica mal preservada y diámetro máximo observado oscilando entre 0,15 y 0,80 mm (promedio=0,42 mm, N=12). El largo de los tubos alcanza 2,5 mm en las escasas secciones longitudinales presentes (Figs 7a, d). El material adolece de pobre preservación debida a recristalización y disolución parcial del test. No obstante, dada la geometría, composición calcítica del test y su tamaño, asignamos tentativamente el material a *Cloudina riemkeae* Germs (1972).

Un detallado estudio palinológico de la sobreyacente Formación Cerro Negro se debe a Cingolani *et al.* (1991). Los autores describen *Leiosphaeridia* sp., *Trachysphaeridium* sp., *Synsphaeridium* sp. y esferomorfos granulados pequeños agrupados dentro del «tipo A» (Fig. 5). En el caso de *Leiosphaeridia* sp. se trata de esferomorfos de pared robusta y diámetro entre 100 y 120 μ m (Cingolani *et al.*, 1991). Aplicando los criterios de Jankauskas (1989) y Butterfield *et al.* (1994), es posible asignarlos a *Leiosphaeridia jacutica* Timofeev. En cuanto a *Trachysphaeridium* sp., el material figurado por Cingolani *et al.* (1991) tiene un diámetro entre 60 y 80 μ m, pero no posee la textura superficial alveolar o esponjosa típica del género (Vidal, 1976). Es posible que estos esferomorfos representen *Leiosphaeridia minutissima* y *L. tenuissima* con cierto grado de alteración de la pared. Las acritarcas «tipo A» posiblemente pertenecen a más de un género, pero mayormente se ajustan a la diagnosis de *Lophosphaeridium* y *Synsphaeridium*. En este trabajo se han podido recuperar acritarcas de pelitas de la Formación Cerro Negro en la Cantera Cerro Negro (Fig. 6j-k), asignables a *Leiosphaeridia tenuissima* (140 a 200 μ m diámetro, promedio=180 μ m, N=5). El material, proveniente de los alrededores de Olavarría, presenta menor carbonización que los microfósiles descritos por Cingolani *et al.* (1991), que fueron colectados en la zona de Barker. Esto implicaría que existe un aumento de la intensidad de la diagénesis y/o metamorfismo hacia el Este.

CORRELACION TANDILIA-GRUPO ARROYO DEL SOLDADO

Bioestratigrafía

Los resultados micropaleontológicos presentados

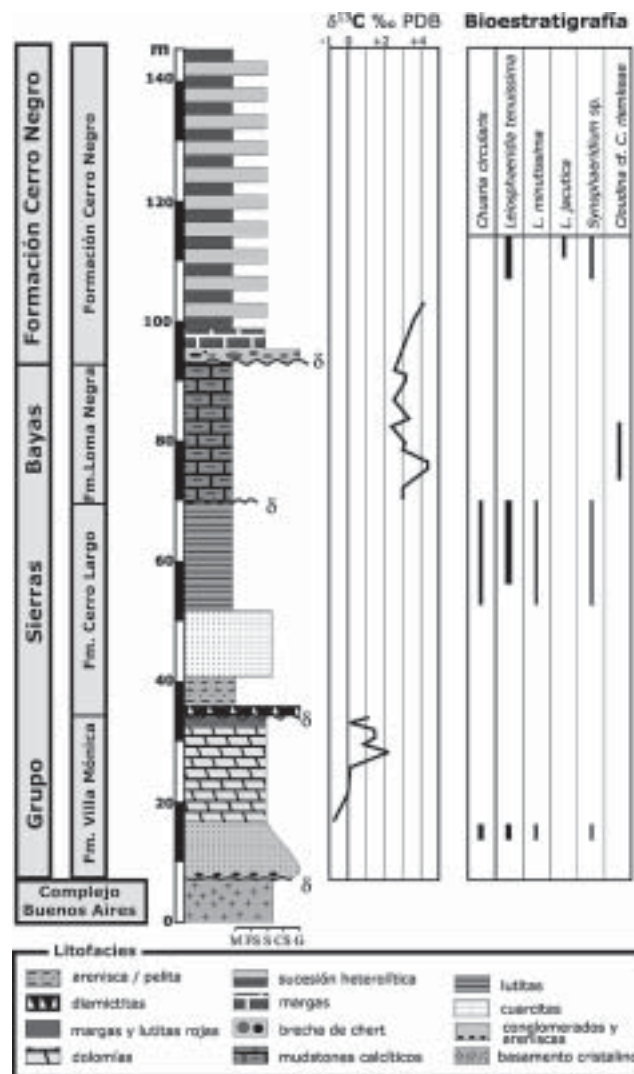


Figura 5. Columna estratigráfica del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro en la región de Olavarría, mostrando los rangos de los diferentes taxa fósiles, modificado de Gómez Peral *et al.* (en prensa).

Figure 5. Stratigraphic column of the Sierras Bayas Group and Cerro Negro Formation, and ranges of different fossil taxa (Olavarría region), modified after Gómez Peral *et al.* (en prensa).

aquí, aunque preliminares, permiten hacer inferencias respecto a la edad del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro. Las asociaciones de acritarcas presentes en estas unidades se destacan por: 1) Dominancia completa de esferomorfos asignables a *Leiosphaeridia*. 2) Baja diversidad relativa, que no supera las 6 especies en total. 3) Diámetro de esferomorfos relativamente grande, con tendencia a disminuir hacia la Formación Cerro Negro. 4) Notable persistencia de las asociaciones de acritarcas a lo largo de la columna estratigráfica, registrándose cambios menores en las distintas formaciones

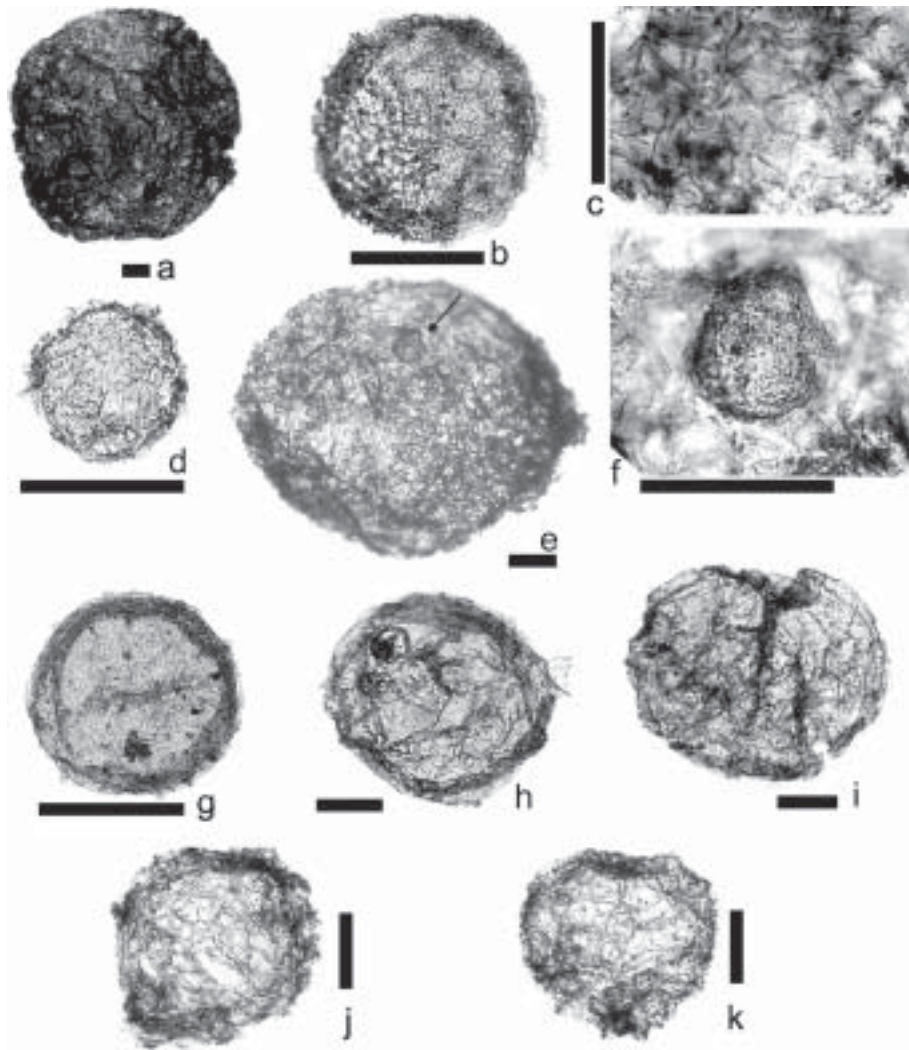


Figura 6. Acritarcas de maceraciones palinológicas de pelitas del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro. Ejemplares a-d: Formación Villa Mónica; e-i: Formación Cerro Largo y j-k: Formación Cerro Negro. a-b) *Leiosphaeridia tenuissima*; c) *Synsphaeridium* sp. (nótese numerosos esferoides de pared débil aplastados); d) *Leiosphaeridia minutissima*; e) *Leiosphaeridia tenuissima*, nótese gema (flecha); f) detalle de la gema del ejemplar anterior; g-h) *Leiosphaeridia tenuissima*, mostrando pliegues concéntricos; i) *Leiosphaeridia tenuissima*. Escala gráfica corresponde en todos los casos a 50 μ m.

Figure 6. Acritarchs from palynologic macerations of pelites of Sierras Bayas Group and Cerro Negro Formation. Specimens a-d: Villa Mónica Formation; e-i: Cerro Largo Formation and j-k: Cerro Negro Formation. a-b) *Leiosphaeridia tenuissima*; c) *Synsphaeridium* sp. (note numerous, thin-walled, flattened spheroids); d) *Leiosphaeridia minutissima*; e) *Leiosphaeridia tenuissima*, note bud (arrow); f) detail of bud of previous specimen; g-h) *Leiosphaeridia tenuissima*, showing concentric folds; i) *Leiosphaeridia tenuissima*. All scale bars equal 50 μ m.

En el Neoproterozoico se reconocen al menos dos asociaciones de acritarcas de baja diversidad y dominadas por leiosferas, a saber: 1) Palinoflora de Leiosferas Simples (SLP, Grey *et al.*, 2003), abarcando alrededor de 50 Ma posteriores al evento glacial Marinoano (entre 635 y 580 Ma); y 2) asociación Kotlin-Rovno, entre ca. 570 y 542 Ma (Vidal y Moczydlowska, 1997; Knoll, 2000; Grey *et al.*, 2003). Estas microfloras de baja diversidad están separadas por un período corto

caracterizado por una asociación de acritarcas de alta diversidad, denominado por Grey *et al.* (2003) Palinoflora de Acantomorfos Complejos Ediacareense (ECAP), ocupando el período 580-570 Ma. El período inmediatamente anterior al Ediacareense es caracterizado por una microflora de diversidad importante (Knoll, 2000), denominada por Vidal y Moczydlowska (1997) como asociación 4 del Rifeano. De igual forma, el Cámbrico Inferior se caracteriza por una gran diversi-

ficación del microplancton, que contrasta con el período Kotlin-Rovno (Vidal y Moczydlowska, 1997). En suma, la asociación de acritarcas del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro solo puede correlacionarse con la Palinoflora de Leiosferas Simples o con la asociación Kotlin-Rovno. Esto estaría indicando una edad Ediacareense para estas unidades.

Análisis de las relaciones isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para calizas de la Formación Loma Negra han arrojado valores entre 0,7069 y 0,7087 (Kawashita *et al.*, 1999b), coincidentes según la curva global de Melezhik *et al.* (2001) con una edad Ediacareense entre 600 y 550 Ma. Finalmente, la identificación de *Cloudina* en la misma unidad, aunque preliminar, permite reafirmar esta asignación de edad para la Formación Loma Negra.

La escasa variación entre las asociaciones de acritarcas de las diversas formaciones podría significar que los hiatos que las separan no representan grandes lagunas temporales. En el caso de la Formación Villa Mónica, la microflora descrita aquí para esa unidad no coincide con una edad en el entorno de 800 Ma, como lo sugerido por dataciones Rb-Sr en pelitas (Bonhomme y Cingolani, 1980) y por las asociaciones de estromatolitos (Poiré, 1987, 1993, 2002). El período entre 750 y 900 Ma se caracteriza por diversidad de acritarcas moderada a alta (Butterfield y Rainbird, 1998; Knoll, 2000), lo que contradice lo observado en la Formación Villa Mónica. Por otra parte, este período del Neoproterozoico temprano típicamente exhibe valores de $\delta^{13}\text{C}$ relativamente altos en carbonatos (hasta +8 ‰ PDB; Jacobsen y Kaufman, 1999), diferentes de los valores con escasa amplitud (entre -0,58 y +2,2 ‰ PDB) reportados por Gómez Peral *et al.* (en prensa) para la Formación Villa Mónica.

Butterfield (1997) constata una disminución del tamaño de los esferomorfos como *Leiosphaeridia* en el Neoproterozoico superior. Según el citado autor, los esferomorfos grandes (> 70 μm) se hacen muy raros o desaparecen en el Neoproterozoico terminal. En el Grupo Sierras Bayas se puede observar una disminución del diámetro máximo alcanzado por *Leiosphaeridia*: de 450 μm para la Formación Villa Mónica a 380 μm para la Formación Cerro Largo y finalmente 200 μm para la Formación Cerro Negro. Estas observaciones están en concordancia con lo planteado por Butterfield (1997) y apoya la asignación de las unidades al Ediacareense.

Esta asociación es comparable en parte con la asociación de *Leiosphaeridia-Lophosphaeridium* del GAS (Gaucher, 2000), así como también con las microflora preservada en la subyacente Formación Las

Ventanas (Blanco y Gaucher, 2005). La diferencia principal estriba en la ausencia de *Soldadophycus* y *Bavlinella* del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro, dos géneros dominantes en el GAS, salvo en la Formación Polanco. Es de destacar que existe una diferencia sustancial entre los ambientes de sedimentación de las unidades en cuestión: mientras en el GAS se registran predominantemente condiciones de plataforma pericontinental por debajo del nivel de base de las olas, en el Grupo Sierras Bayas se registran ambientes más someros, en un contexto epicontinental. Esta diferencia de paleobatimetría probablemente tuvo una

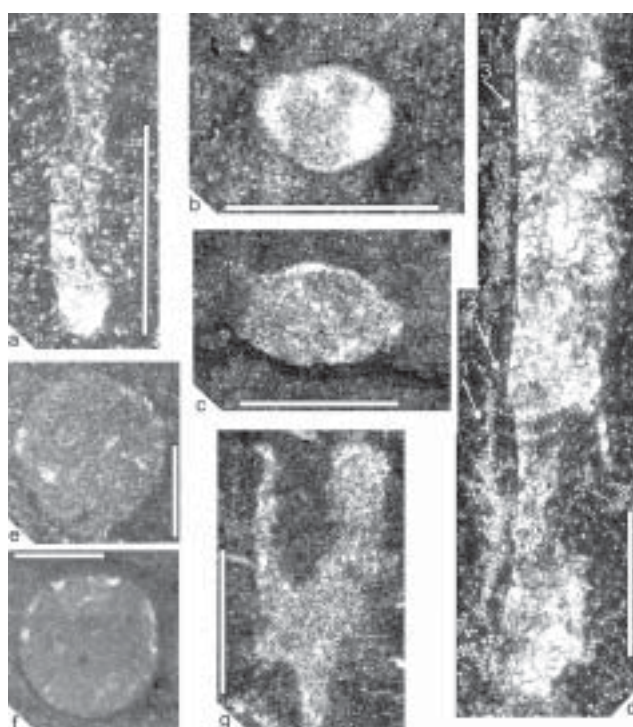


Figura 7. *Cloudina* cf. *C. riemkeae* en láminas delgadas de calizas micríticas de la Formación Loma Negra. a) corte longitudinal de ejemplar pequeño. b-c) cortes transversales a levemente oblicuos. d) corte longitudinal de ejemplar de 2.5 mm de largo y algo sinuoso. Nótese relleno esparítico y 1: pared del cono basal recristalizada; 2: relleno de sedimento entre conos; y 3: pared de cono superior. e-f) cortes transversales mostrando el escaso grosor de la pared y sección circular. g) corte tangencial, mostrando mayor grosor aparente del test. Todas las escalas gráficas representan 0.5 mm.

Figure 7. *Cloudina* cf. *C. riemkeae* in thin sections of micritic limestones of the Loma Negra Formation. a) longitudinal section of small specimen. b-c) cross to slightly oblique sections. d) longitudinal section of sinuous specimen 2.5 mm in length. Note sparitic infill and 1: recrystallized, basal cone-wall; 2: sediment infill between cones; and 3: wall of upper cone. e-f) cross sections showing circular outline and thin walls. g) tangential section, showing greater apparent thickness of test. All scale bars represent 0.5 mm.

influencia importante en la composición de la microflora. Butterfield (1997) observa que en el Neoproterozoico los esferomorfos y acantomorfos más grandes se encuentran sistemáticamente en ambientes someros, sugiriendo incluso que muchas de las acritarcas más grandes no eran planctónicas sino bentónicas. Por otro lado, las acritarcas más pequeñas y por tanto con mayor flotabilidad (como *Bavlinella faveolata*), normalmente se hallan preservadas en ambientes plataformales profundos o de cuenca oceánica (Butterfield, 1997). Esto podría explicar al menos en parte la notable diferencia de tamaño entre las acritarcas de unidades posiblemente correlativas de Tandilia y del GAS.

Litoestratigrafía

Desde el punto de vista litoestratigráfico es notoria la similitud entre las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro con las formaciones Yerbal, Polanco y Cerro Espuelitas, respectivamente (Figs. 3, 5, 8). La Formación Cerro Largo, al igual que la Formación Yerbal, representa una sucesión estrato y granodecreciente, indicando profundización de la cuenca. En el tope son sobreyacidas por calizas en ambos casos (Figs. 3, 5).

La Formación Loma Negra contiene, al igual que la Formación Polanco, el género *Cloudina*, que posee un corto biocrón y distribución mundial (Germs, 1972; Grant, 1990; Gaucher *et al.*, 2003b). Se trata de calizas predominantes (Figs. 3, 5), caracterizadas por un relativamente alto contenido de materia orgánica que les da un color gris azulado a pardo. Los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para calizas de la Formación Loma Negra oscilan entre 0,7069 y 0,7087 (Kawashita *et al.*, 1999b), mientras que para la Formación Polanco oscilan entre 0,7072 y 0,7085 (Kawashita *et al.*, 1999a; Gaucher *et al.*, 2004c). Ambas formaciones se encuentran truncadas por un paleokarst indicando emersión y retrabajamiento de la plataforma, con la consiguiente génesis de brechas carbonáticas en ambos casos (Leanza y Hugo, 1987; Barrio *et al.*, 1991; Gaucher, 2000). En cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ para los carbonatos (Figs. 3, 5), son del orden de +4 ‰ PDB para la Formación Loma Negra (Gómez Peral *et al.*, en prensa) y varían entre +5,5 y -3 ‰ PDB para la Formación Polanco (Gaucher *et al.*, 2004b). Estos datos hacen más plausible una correlación entre la base de la Formación Polanco (Unidad Polanco A de Gaucher *et al.*, 2004b) y la Formación Loma Negra. En la Unidad A de la Formación Polanco es, por otro lado, donde ocurre *Cloudina riemkeae*, además del tope de la Formación Yerbal (Gaucher y Sprechmann, 1999;

Gaucher, 2000).

La Formación Cerro Negro consiste en sedimentación pelítica predominante, asemejándose a las litologías de la parte basal de la Formación Cerro Espuelitas. Ambas formaciones sobreyacen potentes unidades carbonáticas y registran depósitos de margas en su parte basal. Como notoria diferencia cabe destacar la ausencia en la Formación Cerro Negro de los depósitos quimiogénicos de chert y BIF que caracterizan la parte media de la Formación Cerro Espuelitas (Fig. 3), aunque cabe destacar que la Formación Cerro Negro es sólo conocida en un muy bajo porcentaje de su espesor total.

DISCUSION

Los argumentos planteados permiten correlacionar tanto temporal como litológicamente al Grupo Arroyo del Soldado (Formaciones Yerbal, Polanco y Cerro Espuelitas) con las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro (Fig. 8). Las asociaciones de acritarcas preservadas en las unidades mencionadas son correlacionables, indicando sedimentación en el período Ediacareense. Las diferencias entre la composición de las microfloras de Arroyo del Soldado y Sierras Bayas son explicables de acuerdo al esquema de Butterfield (1997) por la diferente ubicación dentro de la cuenca, con el Grupo Sierras Bayas en una posición más proximal a la costa. Esto también puede explicar algunas diferencias litológicas entre ambas unidades, como ser la probable ausencia de chert y BIF de la Formación Cerro Negro. La sucesión sedimentaria en Tandilia tiene una potencia 10 a 15 veces menor que la parte correlativa del Grupo Arroyo del Soldado (Fig. 8), algo esperable en una cuenca epicontinental somera. En este sentido, el Grupo Sierras Bayas aparece como una sección condensada con numerosos hiatos (Fig. 5), los cuales no están todos presentes en el Grupo Arroyo del Soldado (Fig. 3). Un importante hiato que aparece en ambas unidades es el que se encuentra en el tope de las unidades calcáreas (Formación Loma Negra y Formación Polanco), que ha sido explicado en ambos casos como el resultado súbita e importante caída del nivel del mar (Barrio *et al.*, 1991; Gaucher, 2000) y que podría representar un importante datum temporal.

Si se acepta la correlación entre las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro con la parte inferior y media del Grupo Arroyo del Soldado, cabe preguntarse con qué unidad se correlacionaría la Formación Villa Mónica. Inmediatamente por debajo de la base del Grupo Arroyo del Soldado se registra un

importante evento distensivo representado por la Formación Las Ventanas. Esta unidad posiblemente representa la apertura de la cuenca de Arroyo del Soldado (Blanco y Gaucher, 2005). Como resultado, las unidades de la Formación Las Ventanas y el Grupo Arroyo del Soldado sobreyacen al basamento con discordancia erosiva y angular, indicando un importante período de erosión en el Terreno Nico Pérez. Esta discordancia podría correlacionarse con la discordancia erosiva que separa a la Formación Villa Mónica de la Formación Cerro Largo (Poiré, 1987, 1993; Cingolani y Dalla Salda, 2000; Zalba y Andreis, 2003), apoyando la hipótesis de un importante hiato temporal entre estas unidades (Cingolani y Bonhomme, 1982; Poiré, 1987, 1993, 2002; Zalba y Andreis, 2003). Cabe acotar que en el Terreno Nico Pérez ocurre una potente secuencia de areniscas cuarzosas como parte del basamento del Grupo Arroyo del Soldado (Fig. 8). Esta secuencia, que aún no ha sido formalmente descrita, aflora –a modo de ejemplo– en el Cerro del Perdido y Cerro del Cura en las inmediaciones de la ciudad de Minas. Allí se

observa claramente el contacto con discordancia angular y erosiva del Grupo Arroyo del Soldado por encima de estas litologías. Al parecer, las areniscas cuarzosas incluso culminan en una secuencia carbonática (N. Campal y A. Schipilov, com. pers. 2004), asemejando la sucesión estratigráfica de la Formación Villa Mónica.

El hecho de que la asociación de palinomorfos de la Formación Villa Mónica no difiera significativamente de aquella de la Formación Cerro Largo puede interpretarse de dos maneras, a saber: 1) si el hiato entre ambas unidades es importante, entonces debe postularse que casualmente la Formación Villa Mónica se depositó en un período caracterizado por baja diversidad de acritarcas, al igual que el resto del Grupo Sierras Bayas; o bien 2) la relativa homogeneidad en la distribución de acritarcas del Grupo Sierras Bayas indica que la Formación Villa Mónica se depositó también en el Ediacareense, al igual que el resto del Grupo. Hasta no disponer de más datos bioestratigráficos e isotópicos, es prematuro decir cual de estas opciones es la más plausible.

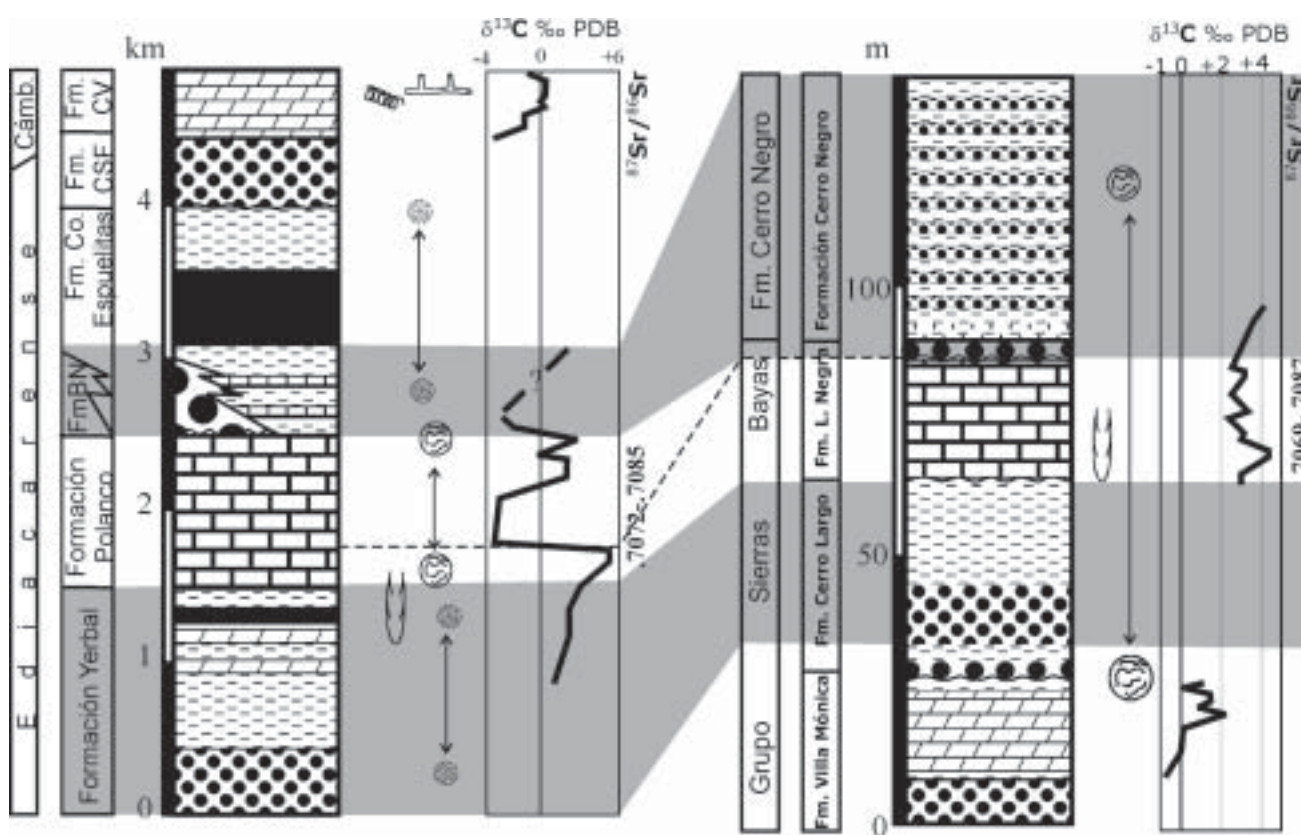


Figura 8. Correlación propuesta en este trabajo entre el Grupo Arroyo del Soldado y el Grupo Sierras Bayas/Formación Cerro Negro. Simbología: ver Fig. 3. Se representan datos lito-, bio- y quimioestratigráficos (fuentes: ver Figs. 3 y 5).

Figure 8. Correlation postulated here between the Arroyo del Soldado Group and the Sierras Bayas Group/Cerro Negro Formation. Key: see Fig. 3. Litho-, bio- and chemostratigraphic data are shown (sources: see Figs. 3 and 5).

CONCLUSIONES

A excepción de la Formación Villa Mónica, la litoestratigrafía de la secuencia sedimentaria neoproterozoica de Tandilia es similar a la mitad inferior del GAS. Desde un punto de vista litoestratigráfico, las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro se correlacionan con las formaciones Yerbal, Polanco y Cerro Espuelitas inferior respectivamente. Se comunica el hallazgo de *Cloudina* cf. *C. riemkeae* de calizas micríticas de la Formación Loma Negra, lo que refuerza la correlación de esta unidad con la parte inferior de la Formación Polanco, donde también aparece *C. riemkeae*. Además, *Cloudina* es fósil guía del Ediacarens superior (Grant, 1990; Amthor *et al.*, 2003), colocando a la Formación Loma Negra en ese período. Cabe destacar que estos fósiles con esqueleto son los más antiguos de la Argentina que se han descrito hasta ahora. Una microflora de baja diversidad, dominada por esferomorfo medianos a grandes del género *Leiosphaeridia*, caracteriza a todo el Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro, salvo la Formación Loma Negra, donde no se hallaron palinomorfo. La principal diferencia entre las diversas formaciones es la disminución del diámetro máximo de las acritarcas hacia el tope: de 450 μm para la Formación Villa Mónica a 380 μm para la Formación Cerro Largo y finalmente 200 μm para la Formación Cerro Negro. Es de resaltar que las acritarcas de la Formación Villa Mónica, descritas por primera vez aquí, representan los fósiles más antiguos de la Argentina que se conocen. En suma, la asociación de acritarcas del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro puede correlacionarse con la Palinoflora de Leiosferas Simples (Grey *et al.*, 2003) o con la asociación Kotlin-Rovno (Vidal y Moczydlowska, 1997), ambas de edad Ediacarens. La asociación de acritarcas del Grupo Arroyo del Soldado inferior y medio es asignada a la asociación Kotlin-Rovno (Gaucher, 2000) y por tanto apoya una correlación entre las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro con la mitad inferior del GAS. Las diferencias en la composición de las microfloras entre el Grupo Sierras Bayas/Formación Cerro Negro y el GAS se atribuyen a un diferente ambiente de sedimentación, que en el caso de Tandilia era más proximal y somero. Análisis de las relaciones isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para calizas de la Formación Loma Negra han arrojado valores entre 0,7069 y 0,7087 (Kawashita *et al.*, 1999b), muy similares a valores entre 0,7072 y 0,7085 característicos de la Formación Polanco (Kawashita *et al.*, 1999a; Gaucher *et al.*, 2004c). Por lo tanto, las evidencias

lito-, bio- y quimioestratigráficas apuntan todas a una correlación entre las formaciones Cerro Largo, Loma Negra y Cerro Negro con las formaciones Yerbal, Polanco y Cerro Espuelitas inferior respectivamente.

Respecto a la Formación Villa Mónica, los datos disponibles son ambiguos en cuanto a su edad y posibles correlaciones. Mientras la asociación de estromatolitos que ocurre en esa unidad sugiere una edad Neoproterozoico temprano, la similitud de la microflora allí preservada con la de las unidades suprayacentes sugiere que no existe un hiato temporal muy importante entre las mismas. Se necesitan más datos bio- y quimioestratigráficos para dilucidar esta cuestión.

Desde el punto de vista paleogeográfico, las correlaciones arriba planteadas implican el desarrollo de una extensa plataforma en el Ediacarens tardío, que abarcaba una gran parte del Cratón del Río de la Plata e incluía posiblemente al Grupo Corumbá en Mato Grosso, Brasil (Gaucher *et al.*, 2003b). Es característica la presencia en estas sucesiones de *Cloudina*, una asociación de acritarcas de baja diversidad, valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,7069 y 0,7087 y variaciones seculares de $\delta^{13}\text{C}$ para los carbonatos entre $-3,5$ y $+5,8$ ‰ PDB (Boggiani, 1998; Kawashita *et al.*, 1999a, b; Gaucher *et al.*, 2003b; Gómez Peral *et al.*, en prensa). La importancia de los depósitos carbonáticos en la plataforma Corumbá-Arroyo del Soldado - Tandilia indica que primaba allí un clima tropical y condiciones de quiescencia tectónica. Los carbonatos forman la base de una importante actividad extractiva en la región, para su uso como materia prima del cemento, cal, correctores de suelos y productos afines.

Agradecimientos

Los resultados expuestos en esta publicación fueron posibles gracias a financiamiento parcial de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC, Uruguay), proyecto C-40. Los autores agradecen la autorización por parte de las empresas Cementos Avellaneda SA y Loma Negra SA para acceder a las canteras del área de Olavarría. Este trabajo es una contribución al proyecto IGCP 478 (Eventos en el Neoproterozoico-Paleozoico Inferior de Gondwana Sudoccidental).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amthor, J.E., J.P. Grotzinger, S. Schröder, S.A. Bowring, J. Ramezani, M.W. Martin y A. Matter, 2003. Extinction of *Cloudina* and *Namacalathus* at the Precambrian-Cambrian

- boundary in Oman. *Geology* 31:431-434.
- Barrio, C., D.G. Poiré y A.M. Iñiguez**, 1991. El contacto entre la Formación Loma Negra (Grupo Sierras Bayas) y la Formación Cerro Negro, un ejemplo de paleokarst, Olavarría, provincia de Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina Revista* 46:69-76.
- Blanco, G. y C. Gaucher**, 2005. Estratigrafía, paleontología y edad de la Formación Las Ventanas (Neoproterozoico, Uruguay). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 12:109-124.
- Boggiani, P. C.**, 1998. Análise estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozoico)- Mato Grosso do Sul. Tesis doctoral, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, xi + 181 pp. (inédito).
- Bonhomme, M. y C. Cingolani**, 1980. Mineralogía y geocronología Rb-Sr y K-Ar de fracciones finas de la «Formación La Tinta», provincia de Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina Revista* 35:519-538.
- Borrello, A.V.**, 1966. Trazas, restos tubiformes y cuerpos fósiles problemáticos de la Formación La Tinta, Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. *Paleontografía Bonaerense, Com. Inv. Cient., prov. Bs. As.* V:1-42.
- Bossi, J. y N. Campal**, 1992. Magmatismo y tectónica transcurrente durante el Paleozoico Inferior en Uruguay. En Gutierrez- Marco, J. G., J. Saavedra y I. Rabano (Eds.), *Paleozoico Inferior de Iberoamérica*: 343-356. Mérida.
- Bossi, J., C. Cingolani, E. Llambías, R. Varela y N. Campal**, 1993. Características del magmatismo post-orogénico finibrasileño en el Uruguay: Formación Sierra de Ríos y Sierra de Animas. *Revista Brasileira de Geociências* 23:282-288.
- Bossi, J., L. Ferrando, J. Montaña, N. Campal, H. Morales, F. Gancio, A. Schipilov, D. Piñeiro, y P. Sprechmann**, 1998. *Carta Geológica del Uruguay. Escala 1:500.000*. Geoeditores, Montevideo.
- Bossi, J. y C. Gaucher**, 2004. The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay: an allochthonous block accreted in the Cambrian to SW-Gondwana. *Gondwana Research* 7:661-674.
- Butterfield, N.J.**, 1997. Plankton ecology and the Proterozoic-Phanerozoic transition. *Paleobiology* 23:247-262.
- Butterfield, N.J., A.H. Knoll, y K. Sweet**, 1994. Paleobiology of the Neoproterozoic Svanbergfjellet Formation, Spitsbergen. *Fossils y Strata* 34:1-84.
- Butterfield, N.J. y R.H. Rainbird**, 1998. Diverse organic-walled fossils, including «possible dinoflagellates» from the early Neoproterozoic of arctic Canada. *Geology* 26: 963-966.
- Campal, N. y A. Schipilov**, 2005. La Formación Cerros de Aguirre: evidencias de magmatismo Vendiano en el Uruguay. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 12:109-124.
- Cingolani, C. y M. Bonhomme**, 1982. Geochronology of La Tinta Upper Proterozoic sedimentary rocks, Argentina. *Precambrian Research* 18:119-132.
- Cingolani, C., J. Spoturno y M. Bonhomme**, 1990. Resultados mineralógicos preliminares sobre las unidades Piedras de Afilar, Lavalleya y Barriga Negra; R.O. del Uruguay. *I Congreso Uruguayo de Geología*, Actas I:11-17, Montevideo.
- Cingolani, C.A., R. Rauscher y M. Bonhomme**, 1991. Grupo La Tinta (Precámbrico y Paleozoico inferior) provincia de Buenos Aires, República Argentina. Nuevos datos geocronológicos y micropaleontológicos en las sedimentitas de Villa Cacique, partido de Juarez. *Revista Técnica de YPF* 12:177-191.
- Cingolani, C.A. y L. Dalla Salda**, 2000. Buenos Aires cratonic region. En U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz Filho y D. Campos (Eds), *Tectonic evolution of South America*. 31st International Geological Congress, 139-146, Rio de Janeiro.
- Dalla Salda, L. y A.M. Iñiguez**, 1979. La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. *VII Congreso Geológico Argentino*, Actas I:539-550, Neuquén.
- Fairchild, T.R.**, 1978. Vestiges of Late Precambrian (or younger) microfossils in chert of the La Tinta Formation, northeast Argentina. *Bulletin IG-USP* V:57-152.
- Gaucher, C.**, 2000. Sedimentology, palaeontology and stratigraphy of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay). *Beringeria* 26:1-120.
- Gaucher, C., P. Sprechmann, y A. Schipilov**, 1996. Upper and Middle Proterozoic fossiliferous sedimentary sequences of the Nico Pérez Terrane of Uruguay: Lithostratigraphic units, paleontology, depositional environments and correlations. *Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie, Abhandlungen* 199:339-367.
- Gaucher, C., P. Sprechmann, y J. Montaña**, 1998. New advances on the geology and paleontology of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado Group of the Nico Pérez Terrane of Uruguay. *Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie, Monatshefte* 1998:106-118.
- Gaucher, C. y P. Sprechmann**, 1999. Upper Vendian skeletal fauna of the Arroyo del Soldado Group, Uruguay. *Beringeria* 23:55-91.
- Gaucher, C. y G.J.B. Germs**, 2003. Preliminary biostratigraphic correlation of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay) with the Cango Caves and Nama groups (South Africa and Namibia). *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología* 3, Publicación especial 1:141-160.
- Gaucher, C., A.N. Sial, V.P. Ferreira, L. Chiglini y P. Sprechmann**, 2003a. The Precambrian-Cambrian boundary in Uruguay: chemostratigraphy of the Cerro Victoria Formation, upper Arroyo del Soldado Group. *IV South American Symposium on Isotope Geology*, Short Papers 1:349-352, Salvador.
- Gaucher, C., P.C. Boggiani, P. Sprechmann, A.N. Sial y T.R. Fairchild**, 2003b. Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá Groups (Uruguay and Brazil): palaeogeographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. *Precambrian Research* 120:241-278.
- Gaucher, C., L. Chiglini y E. Pecoits**, 2004a. Southernmost exposures of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay): palaeogeographic implications for the amalgamation of W-Gondwana. *Gondwana Research* 7:701-714.
- Gaucher, C., A.N. Sial, G. Blanco y P. Sprechmann**, 2004b. Chemostratigraphy of the lower Arroyo del Soldado Group (Vendian, Uruguay) and palaeoclimatic implications. *Gondwana Research*, 7:715-730.
- Gaucher, C., Sial, A.N., Pimentel, M.M. y Ferreira, V.P.**, 2004c. Impact of a late Vendian, non-global glacial event on a carbonate platform, Polanco Formation, Uruguay. *1st Symposium on Neoproterozoic-Early Paleozoic Events in SW-Gondwana*, Extended Abstracts 21-23, São Paulo.
- Gaucher, C., H.E. Frimmel y G.J.B. Germs**, 2005. Organic-walled microfossils and biostratigraphy of the upper Port Nolloth Group (Namibia): implications for the latest Neoproterozoic glaciations. *Geological Magazine* 142:1-21.
- Gaucher, C., A.N. Sial, V.P. Ferreira, M.M. Pimentel, L. Chiglini y P. Sprechmann**. Chemostratigraphy of the Cerro Victoria Formation (Lower Cambrian, Uruguay): evidence for progressive climate stabilization across the Precambrian-Cambrian boundary. *Chemical Geology*. (en prensa).
- Germs, G. J. B.**, 1972. New shelly fossils from Nama Group, South West Africa. *American Journal of Science* 272:752-761.
- Germs, G.J.B., A.H. Knoll y G. Vidal**, 1986. Latest Proterozoic

- microfossils from the Nama Group, Namibia (South West Africa). *Precambrian Research* 32:45-62.
- Gómez Peral, L., D.G. Poiré, U. Zimmermann y H. Strauss. C-O isotope data and diagenetic constraints of the Neoproterozoic Sierras Bayas Group (SW Gondwana), Argentina. *Chemical Geology*. (en prensa).
- Grant, S.W.F., 1990. Shell structure and distribution of *Cloudina*, a potential index fossil for the terminal Proterozoic. *American Journal of Science* 290A:261-294.
- Grey, K., M.R. Walter y C.R. Calver, 2003. Neoproterozoic biotic diversification: Snowball Earth or aftermath of the Acraman impact? *Geology* 31:459-462.
- Hartmann, L.A., J.O. Santos, J. Bossi, N. Campal, A. Schipilov y N.J. MacNaughton, 2002. Zircon and titanite U-Pb SHRIMP geochronology of Neoproterozoic felsic magmatism on the eastern border of the Rio de la Plata Craton, Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences* 15:229-236.
- Íñiguez, A.M. y P.E. Zalba, 1974. Nuevo nivel de arcilitas en la zona de Cerro Negro, partido de Olavarría, provincia de Buenos Aires. *LEMIT*, Provincia de Buenos Aires Serie II 264:93-100.
- Íñiguez, A.M., A. Del Valle, D.G. Poiré, L.A. Spalletti y P.E. Zalba, 1989. Cuenca Precámbrica / Paleozoica inferior de Tandilia, Provincia de Buenos Aires. En G. Chebli, G. y L. Spalletti, (Eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Serie Correlación Geológica 6 (Universidad Nacional de Tucumán) 245-263, Tucumán.
- Jankauskas, T.V., 1989. *Mikrofosilii Dokembrii SSSR*. Nauka, 188 pp., Leningrado.
- Jacobsen, S.B. y A.J. Kaufman, 1999. The Sr, C and O isotopic evolution of Neoproterozoic seawater. *Chemical Geology* 161:37-57.
- Kawashita, K., C. Gaucher, P. Sprechmann, W. Teixeira y R. Vitoria, 1999a. Preliminary chemostratigraphic insights on carbonate rocks from Nico Pérez Terrane (Uruguay). *II South American Symposium on Isotope Geology*, Actas 399-402, Córdoba.
- Kawashita, K., R. Varela, C. Cingolani, E. Soliani Jr., E. Linares, S.A. Valencio, A.V. Ramos, y M. Do Campo, 1999b. Geochronology and chemostratigraphy of «La Tinta» Neoproterozoic sedimentary rocks, Buenos Aires Province, Argentina. *II South American Symposium on Isotope Geology*, Actas 403-407, Córdoba.
- Knoll, A.H., 2000. Learning to tell Neoproterozoic time. *Precambrian Research* 100:3-20.
- Leanza, H.A. y C.A. Hugo, 1987. Descubrimiento de fosforitas sedimentarias en el Proterozoico Superior de Tandilia, Buenos Aires, Argentina. *Asociación Geológica Argentina Revista* 42:417-428.
- Melezhik, V.A., I.M. Gorokov, A.B. Kuznetsov y A.E. Fallick, 2001. Chemostratigraphy of Neoproterozoic carbonates: implications for «blind dating». *Terra Nova* 13:1-11.
- Montaña, J. y P. Sprechmann, 1993. Calizas estromatolíticas y oolíticas y definición de la Formación Arroyo de la Pedrera (?Vendiano, Uruguay). *Revista Brasileira de Geociencias* 23:306-312.
- Paim, P.S.G., F. Chemale Jr. y R.da C. Lopes, 2000. A Bacia do Camaquã. En M. Holz y L.F. De Ros (Eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO/UFRGS, pp. 231-274, Porto Alegre.
- Poiré, D.G., 1987. Mineralogía y sedimentología de la Formación Sierras Bayas en el núcleo septentrional de las sierras homónimas, Partido de Olavarría, Provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral 494, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 271 pp. (inédito).
- Poiré, D.G., 1993. *Estratigrafía del Precámbrico sedimentario de Olavarría, Sierras Bayas, provincia de Buenos Aires, Argentina*. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso Exploración de Hidrocarburos Actas II:1-11, Mendoza.
- Poiré, D.G., 2002. The Precambrian/Lower Paleozoic sedimentary cover of Tandilia System, Argentina. En C. Gaucher y D.G. Poiré (Eds.), *II International Colloquium Vendian-Cambrian of W-Gondwana, Field Trip Guide*. Facultad de Ciencias, pp. 55-66, Montevideo.
- Poiré, D.G., L.A. Spalletti y A. Del Valle, 2003. The Cambrian-Ordovician siliciclastic platform of the Balcarce Formation (Tandilia System, Argentina): Facies, trace fossils, palaeoenvironments and sequence stratigraphy. *Geologica Acta* 1:41-60.
- Pothé de Baldis, E.D., B.A. Baldis y J. Cuomo, 1983. Los fósiles precámbricos de la Formación Sierras Bayas (Olavarría) y su importancia intercontinental. *Asociación Geológica Argentina Revista* 38:73-83.
- Semikhatov, M.A., 1976. Experiences in stromatolite studies in the USSR. En M.R. Walter (Ed.), *Stromatolites*. Elsevier 337-357, Amsterdam.
- Sprechmann, P., C. Gaucher, G. Blanco y J. Montaña, 2004. Stromatolitic and trace fossils community of the Cerro Victoria Formation, Arroyo del Soldado Group (lowermost Cambrian, Uruguay). *Gondwana Research* 7:753-766.
- Steiner, M., 1996. *Chuarina circularis* Walcott 1899 – «Megasphaeromorph Acritarch» or prokaryotic colony ? *Acta Universitatis Carolinae Geologica* 40:645-665.
- Teixeira, A.L. y C. Gaucher, 2004. Bacias do Estágio de Transição dos Setores Meridional (parcial) e Central da Província Mantiqueira. En V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro y B.B. de Brito Neves (Eds): *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de FFM. de Almeida*. Editorial Beca, pp. 503-525, São Paulo.
- Vidal, G., 1976. Late Precambrian microfossils from the Visingsö Beds in southern Sweden. *Fossils y Strata* 9:1-57.
- Vidal, G. y M. Moczydlowska-Vidal, 1997. Biodiversity, speciation, and extinction trends of Proterozoic and Cambrian phytoplankton. *Paleobiology* 23:230-246.
- Zalba, P.E. y R.R. Andreis, 2003. The Tandilia System, Buenos Aires, Argentina. *III International Colloquium Vendian-Cambrian of W-Gondwana*, Extended Abstracts 38-41, Cape Town.